

Conhecimentos pedagógicos e conteúdos disciplinares

das ciências exatas e da terra

2



Conhecimentos pedagógicos e conteúdos disciplinares

das ciências exatas e da terra

2



Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Editora executiva

Natalia Oliveira

Assistente editorial

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Camila Alves de Cremo

Daphynny Pamplona

Gabriel Motomu Teshima

Luiza Alves Batista

Natália Sandrini de Azevedo

Imagens da capa

iStock

Edição de arte

Luiza Alves Batista

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2021 Os autores

Copyright da edição © 2021 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie

Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná

Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás

Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Sidney Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Conhecimentos pedagógicos e conteúdos disciplinares das ciências exatas e da terra 2

Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Mariane Aparecida Freitas
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Organizador: Francisco Odécio Sales

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

C749 Conhecimentos pedagógicos e conteúdos disciplinares das ciências exatas e da terra 2 / Organizador Francisco Odécio Sales. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5983-617-8

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.178212511>

1. Ciências exatas e da terra. I. Sales, Francisco Odécio (Organizador). II. Título.

CDD 507

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.

DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, desta forma não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.

APRESENTAÇÃO

A obra "Conhecimentos pedagógicos e conteúdos disciplinares das ciências exatas e da terra 2" aborda uma série de livros de publicação da Atena Editora, em seu I volume, apresenta, em seus 16 capítulos, discussões de diversas abordagens acerca do ensino e educação. As Ciências Exatas e da Terra englobam, atualmente, alguns dos campos mais promissores em termos de pesquisas atuais. Estas ciências estudam as diversas relações existentes da Astronomia/Física; Biodiversidade; Ciências Biológicas; Ciência da Computação; Engenharias; Geociências; Matemática/ Probabilidade e Estatística e Química. O conhecimento das mais diversas áreas possibilita o desenvolvimento das habilidades capazes de induzir mudanças de atitudes, resultando na construção de uma nova visão das relações do ser humano com o seu meio, e, portanto, gerando uma crescente demanda por profissionais atuantes nessas áreas. A ideia moderna das Ciências Exatas e da Terra refere-se a um processo de avanço tecnológico, formulada no sentido positivo e natural, temporalmente progressivo e acumulativo, segue certas regras, etapas específicas e contínuas, de suposto caráter universal. Como se tem visto, a ideia não é só o termo descritivo de um processo e sim um artefato mensurador e normalizador de pesquisas. Neste sentido, este volume é dedicado aos trabalhos relacionados a ensino e aprendizagem. A importância dos estudos dessa vertente, é notada no cerne da produção do conhecimento, tendo em vista o volume de artigos publicados. Nota-se também uma preocupação dos profissionais de áreas afins em contribuir para o desenvolvimento e disseminação do conhecimento. Os organizadores da Atena Editora, agradecem especialmente os autores dos diversos capítulos apresentados, parabenizam a dedicação e esforço de cada um, os quais viabilizaram a construção dessa obra no viés da temática apresentada. Por fim, desejamos que esta obra, fruto do esforço de muitos, seja seminal para todos que vierem a utilizá-la.


Francisco Odécio Sales

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

ALTERNATIVE FOR THE QUALITY CONTROL OF ANTILOMOMIC SÉRUM PRODUCTION PROPOSED BY *Lonomia obliqua* CATERPILLARS USING ANALYTIC TECHNIQUES


Anicarine Ribeiro Leão
Cibele Bugno Zamboni
Dalton Giovanni Nogueira da Silva
Simone Michaela Simons

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1782125111>

CAPÍTULO 2..... 5

ANÁLISE DE ESTABILIDADE UTILIZANDO A TEORIA DE FLOQUET EM SISTEMAS DE TETHERS


Denilson Paulo Souza dos Santos
Jorge Kennety Silva Formiga
Guilherme Marcos Neves
Guilherme Parreira Moia
Rita de Cássia Domingos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1782125112>

CAPÍTULO 3..... 17

CONSTITUINTES E CONTAMINANTES MINERAIS EM SUPLEMENTOS *WHEY PROTEIN*: ESTUDO DE CASO E ESTRATÉGIAS PARA ANÁLISE QUÍMICA


Thalles Pedrosa Lisboa
Antonio Pedro Nogueira Guimarães
Lucas Vinícius de Faria
Rafael Arromba de Sousa

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1782125113>

CAPÍTULO 4..... 30

CLASSIFICAÇÃO DE TRÁFEGO EM REDES DEFINIDAS POR SOFTWARE UTILIZANDO REDES NEURAS ARTIFICIAIS DO TIPO MLP

Nilton Alves Maia
Victor de Freitas Arruda
Maurílio José Inácio
Renê Rodrigues Veloso


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1782125114>

CAPÍTULO 5..... 43

CRESCIMENTO EM DAP E ALTURA TOTAL DE CINCO ÁREAS CILIARES NO MUNICÍPIO DE GURUPI-TO

Maria Cristina Bueno Coelho
Mauro Luiz Erpen
Marcos Vinicius Cardoso Silva
Yandro Santa Brigida Ataide
Mathaus Messias Coimbra Limeira

Walberisa Magalhães Gregório
Maurilio Antonio Varavallo
Juliana Barilli
André Ferreira dos Santos,
Max Vinícios Reis de Sousa
Marcos Giongo

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1782125115>

CAPÍTULO 6..... 53

ESTUDO SOBRE MANOBRAS DE FASE


Gabriel Homero Barros Vieira
Claudia Celeste Celestino de Paula Santos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1782125116>

CAPÍTULO 7..... 69

**AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DE COMPÓSITOS DE POLIPROPILENO
CARREGADOS COM FARINHA DE BAGAÇO DE MANDIOCA**


Alexsandro Bussinger Bon
Nancy Isabel Alvarez Acevedo
Marisa Cristina Guimarães Rocha

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1782125117>

CAPÍTULO 8..... 82

**GENERATION OF WIND ENERGY WITH KITES: A REVIEW OF THE AIRBORNE WIND
ENERGY TECHNOLOGY**


Laura Barros Cordeiro Peçanha
Natalia de Souza Barbosa Oliveira
Wagner Vianna Bretas

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1782125118>

CAPÍTULO 9..... 97

**INTERVENÇÃO PSICOSSOCIAL COM A TÉCNICA DE GRUPO OPERATIVO NO ENSINO
SUPERIOR NA FACULDADE DE FILOSOFIA CIÊNCIAS, E LETRAS DE CANDEIAS –
BAHIA - INTEGRAR PARA RESIGNIFICAR**


Adilton Dias de Santana
Jessica Alves de Amorim Silva
Nadjane Crisóstomos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1782125119>

CAPÍTULO 10..... 108

**MONITORIA DE GEOLOGIA GERAL PARA O CURSO DE ENGENHARIA DE MINAS: UM
RELATO DE EXPERIÊNCIA**


Cibele Tunussi
Marcos Henrique Pacheco

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.17821251110>

CAPÍTULO 11..... 115

CARACTERIZACIÓN MORFOGENÉTICAS Y CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS DE LA CUENCA DE SALINAS GRANDES, PUNA NORTE ARGENTINA

María del Carmen Visich

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.17821251111>


CAPÍTULO 12..... 128

O ENSINO DE CIÊNCIAS NO ENSINO FUNDAMENTAL: EXPERIMENTO PARA PURIFICAÇÃO DA ÁGUA

Sandra Cadore Peixoto

Ail Conceição Meireles Ortiz

Janilse Fernandes Nunes

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.17821251112>

CAPÍTULO 13..... 139

PRODUÇÃO DE MEMBRANAS DE CELULOSE BACTERIANA A PARTIR DE DIFERENTES SUBSTRATOS EM CULTURA ESTÁTICA: UMA REVISÃO

Eduarda Zeni Neves

Bruna Segat


Geasi Lucas Martins

Michele Cristina Formolo Garcia

Giannini Pasiznick Apati

Andrea Lima dos Santos Schneider

Ana Paula Testa Pezzin

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.17821251113>

CAPÍTULO 14..... 151

DESTRITOS ESPACIAIS: CONSEQUÊNCIAS AO MEIO AMBIENTE E AO ESPAÇO


Letícia Camargo de Moraes

Jorge Kennety Silva Formiga

Fabiana Alves Fiore Pinto

Denilson Paulo Souza dos Santos

Vivian Silveira dos Santos Bardini

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.17821251114>

CAPÍTULO 15..... 163

UMA PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA OS MODELOS ATÔMICOS UTILIZANDO O SIMULADOR PHET


Carla Caroline Melgueira da Silva


Paula Gabrielly Freire Jacyntho

Andrey Martins Monteiro

Maria Luiza Santos Cuvello

Yasmin Ferreira da Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.17821251115>

CAPÍTULO 16.....	174
VISUALIZAÇÃO DAS DIFERENÇAS NUMÉRICAS ENTRE AS ALTITUDES NORMAL E ORTOMÉTRICA NO ESTADO DO MATO GROSSO DO SUL - ESTUDO DE CASO Roosevelt De Lara Santos Jr  https://doi.org/10.22533/at.ed.17821251116	
SOBRE O ORGANIZADOR.....	185
ÍNDICE REMISSIVO.....	186

CAPÍTULO 3

CONSTITUINTES E CONTAMINANTES MINERAIS EM SUPLEMENTOS *WHEY PROTEIN*: ESTUDO DE CASO E ESTRATÉGIAS PARA ANÁLISE QUÍMICA

Data de aceite: 01/11/2021

Thalles Pedrosa Lisboa

Universidade Federal de Juiz de Fora,
Departamento de Química
Juiz de Fora – MG
<http://lattes.cnpq.br/2845084446372654>

Antonio Pedro Nogueira Guimarães

Universidade Federal de Juiz de Fora,
Departamento de Química
Juiz de Fora – MG
<http://lattes.cnpq.br/4838760781433390>

Lucas Vinícius de Faria

Universidade Federal de Juiz de Fora,
Departamento de Química
Juiz de Fora – MG
<http://lattes.cnpq.br/0763553462778298>

Rafael Arromba de Sousa

Universidade Federal de Juiz de Fora,
Departamento de Química
Juiz de Fora – MG
<http://lattes.cnpq.br/8233487906167587>

RESUMO: Neste capítulo foram destacados os principais estudos envolvendo técnicas espectrométricas para a avaliação dos níveis de elementos minerais (constituintes e contaminantes) em amostras de suplementos para atletas. Foi possível evidenciar os teores de macronutrientes (Na, K, Mg e Ca) e micronutrientes (Fe, Zn, Mn, Cr, Se, Mo e Cu) com valores discordantes das informações nutricionais tabeladas nos rótulos. Em alguns

casos, foi verificada ainda a presença de metais tóxicos à saúde dos consumidores (Cd, Pb, As e Hg). De maneira geral, os teores encontrados apresentaram-se em conformidade com a legislação brasileira. Entretanto, considerando que geralmente os suplementos são utilizados sem orientação profissional adequada e por períodos prolongados, a médio e longo prazo o consumo pode desencadear problemas à saúde, uma vez que os metais tóxicos detectados apresentam caráter bioacumulativo. Nos últimos anos, a indústria tem buscado soluções tecnológicas para avaliar adulteração da matéria prima e do produto final, além de métodos de processamento que possibilitem o acompanhamento e controle da composição mineral desses suplementos. Além disso, foram sumarizadas as carências na literatura científica como análise de especificação, estudos de bioacessibilidade e biodisponibilidade dos minerais, análise de risco à saúde e métodos de rotina para controle de qualidade com baixo custo analítico.

PALAVRAS-CHAVE: Suplementos; Micronutrientes minerais; Metais pesados; *Whey protein*; Composição química.

MINERAL CONSTITUENTS AND CONTAMINANTS IN WHEY PROTEIN SUPPLEMENTS: CASE STUDY AND STRATEGIES FOR CHEMICAL ANALYSIS

ABSTRACT: In this chapter the main studies involving spectrometric techniques for the assessment of mineral levels (constituents and contaminants) in supplements samples for athletes were highlighted. It was possible to evidence the macronutrients (Na, K, Mg and Ca)

and micronutrients levels (Fe, Zn, Mn, Cr, Se, Mo and Cu) with values that discording to the nutritional information tabulated on the labels. In some cases, the presence of toxic metals to the consumers health (Cd, Pb, As and Hg) was also verified. In general, the contents found were in accordance with Brazilian legislation. However, considering that supplements are generally used without adequate professional guidance and for prolonged periods, in the medium and long term, consumption can trigger health problems, since the toxic metals detected have a bioaccumulative character. In recent years, the industry has sought technological solutions to evaluate adulteration of the raw material and the final product, as well as processing methods that enable the monitoring and control of the mineral composition of these supplements. Furthermore, the deficiencies in the scientific literature were summarized, such as speciation analysis, studies of minerals bioaccessibility and bioavailability, health risk analysis and routine methods for quality control with low analytical cost.

KEYWORDS: Supplements; Mineral micronutrients; Heavy metals; Whey protein; Chemical composition.

1 | INTRODUÇÃO

A preocupação com a aparência, a procura de um corpo saudável e esteticamente agradável e a alimentação diferenciada é uma herança decorrente da clássica Grécia antiga, que atualmente atinge todas as faixas etárias, independentemente do sexo ou classe social (APPLEGATE; GRIVETTI, 1997). A partir do Renascimento com a redescoberta da arte clássica, os corpos esculpidos em mármore definem o padrão ideal (GOSTON; TOULSON DAVISSON CORREIA, 2010).

Desde então, o homem tem se empenhado em melhorar seu desempenho esportivo por meio de alterações dietéticas. Embora a condução de uma alimentação equilibrada e variada ofereça todos os nutrientes necessários para os processos fisiológicos e para o crescimento de um indivíduo (FERRAZ; RAMALHO; IMADA; MARTINS, 2015; GOSTON; TOULSON DAVISSON CORREIA, 2010), o ritmo de vida moderno promoveu diversas mudanças nos hábitos alimentares comprometendo sua qualidade. Com a redução de ingestão de uma dieta variada, equilibrada e muitas vezes saudável, deficiências nutricionais começaram a ser observadas (KREJČOVÁ; LUDVÍKOVÁ; ČERNOHORSKÝ; POUZAR, 2012) e a fim de suprir essa necessidade, os suplementos alimentares surgiram há aproximadamente quatro décadas. Nos últimos anos, tem sido observado um aumento significativo no consumo desses suplementos alimentares e vitaminas (BRIZIO; BENEDETTO; SQUADRONE; TARASCO *et al.*, 2013; MARRERO; REBAGLIATI; LEIVA; LONDONIO *et al.*, 2013), de forma que os valores envolvidos no mercado mundial no ano de 2020 aproximaram-se de 110 bilhões de dólares (EUROMONITOR, 2019).

Inicialmente, os suplementos foram projetados para auxiliar na redução de quaisquer deficiências possíveis ou existentes na dieta e também para otimizar a performance humana em quaisquer níveis (LINHARES; LIMA, 2006). Neste sentido, as definições legais dos suplementos alimentares vêm mudando ao longo dos anos a fim de atender a

evolução tecnológica dos produtos inseridos no mercado. A agência de regulamentação americana, *Food and Drug Administration* (FDA), define os suplementos como produtos que pretendem completar a dieta e que contém um ou mais dos seguintes ingredientes: vitaminas, minerais, ervas ou outros componentes botânicos, aminoácidos, ou qualquer combinação destes ingredientes (FDA, 1994). Para a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), segundo a Portaria nº 32 de 1998, são alimentos que servem para completar o valor nutricional da dieta diária de uma pessoa saudável (BRASIL, 1998). Atualmente a ANVISA promoveu a criação de uma categoria específica de suplementos alimentares, por meio da Resolução da Diretoria Colegiada nº 243, de 2018, para garantir o acesso da população a produtos seguros e de qualidade (BRASIL, 2018). Nessa Resolução define-se que os suplementos alimentares não são medicamentos e, por isso, não servem para tratar, prevenir ou curar doenças.

Dentre a amplitude de produtos comercializados, destacam-se aqueles usados para suplementação de atletas, classificados de acordo com a ANVISA como: *i)* hidroeletrólitos; *ii)* energéticos (carboidratos como maltodextrina, dextrose e ribose); *iii)* proteicos; *iv)* substitutos parciais de refeições; *v)* de creatina; e, *vi)* predominante em cafeína e chá verde, i.e. termogênicos (BRASIL, 2010). Entretanto, os suplementos a base de proteínas do soro do leite, popularmente conhecidos como *whey protein* (WP), são os mais comercializados no mercado de nutrição esportiva (HARTMANN; SIEGRIST, 2016; PINTO; FERREIRA; ALMEIDA, 2020). Eles se destacam dentre a ampla gama de suplementos proteicos, devido ao seu alto valor nutricional quando comparados a outras fontes de proteínas (DEETH; BANSAL, 2019). Além disso, esses suplementos podem conter minerais e/ou vitaminas em sua composição, contribuindo para a manutenção de uma dieta equilibrada (ALMEIDA; DE SOUZA; CESAR; SOUSA *et al.*, 2016; PEREIRA; CRIZEL; LA ROSA NOVO; DOS SANTOS *et al.*, 2019).

O soro de leite é um subproduto da produção de queijo, composto por água (aproximadamente 85-90%) e uma fração sólida (lactose, lipídios, minerais e proteínas) (DE CASTRO; DOMINGUES; OHARA; OKURO *et al.*, 2017). Usualmente era empregado como ração animal e/ou descartado. Porém, com o aumento da produção de queijos, as grandes quantidades de soro se tornaram um problema. Nesse sentido, diversas mudanças políticas e diretrizes legislativas tendo como foco a preocupação com a poluição ambiental foram impostas em vários países. Na década de 1960 o soro de leite era seco em secadores de rolo para produzir o que ficou conhecido como “soro de pipoca”, produto vendido como ração animal. A partir da década de 1970, processos de pré-concentração através de filtração por membrana foram introduzidos e ao longo da década de 1980 os secadores de rolo foram substituídos por evaporadores e secadores em spray, processos empregados até hoje (PRICE, 2019).

As proteínas do leite, incluindo as do soro, além de seu alto valor biológico, possuem peptídeos bioativos, que atuam como agentes antimicrobianos, anti-hipertensivos,

reguladores da função imune assim como fatores do crescimento (HARAGUCHI; ABREU; PAULA, 2006). As proteínas do soro do leite, ou soro-proteínas, são constituídas principalmente por beta-lactoglobulina (BLG), alfa-lactoalbumina (ALA), albumina do soro bovino (BSA) e imunoglobulinas (Ig's).

A BLG é o peptídeo do soro mais abundante (45-57%) e apresenta o maior teor de aminoácidos de cadeia ramificada (BCAA) (DEETH; BANSAL, 2019; O'MAHONY; FOX, 2013). A ALA (15-25%), caracteriza-se por ser de fácil e rápida digestão. Possui capacidade de se ligar a certos minerais, como cálcio e zinco, o que pode afetar positivamente sua absorção (DEETH; BANSAL, 2019). Já a BSA corresponde a cerca de 10% das proteínas do soro do leite, possui afinidade por ácidos graxos livres e outros lipídeos, favorecendo seu transporte na corrente sanguínea (FARRELL; JIMENEZ-FLORES; BLECK; BROWN *et al.*, 2004). Por fim, as Ig's são proteínas de alto peso molecular e suas principais ações biológicas residem na imunidade passiva e atividade antioxidante (HURLEY; THEIL, 2013).

Os suplementos de proteínas do soro do leite geralmente são comercializados em três formas: concentrado de WP, isolado de WP e hidrolisado de WP. A primeira apresenta em sua formulação lactose e gordura além do conteúdo variável de proteína (29-89%); enquanto que a segunda apresenta 90% de proteína em sua composição e a forma hidrolisada é uma formulação contendo proteínas semidigeridas (KELLY, 2019).

O fraco controle de qualidade, a fiscalização inadequada associada à diversidade de produtos a base de WP e o consumo realizado sem acompanhamento profissional adequado, combinado com outros produtos e, até mesmo, em doses excessivas, pode expor os consumidores a produtos de qualidade duvidosa (KORFALI; HAWI; MROUEH, 2013; LINHARES; LIMA, 1969). Em 2014, o Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO) publicou um relatório de análise de 15 amostras de diferentes marcas de suplementos proteicos para atletas. Foram realizados testes, como por exemplo: teor de proteínas e carboidratos, e origem proteica. Dentre as marcas avaliadas, apenas uma foi considerada em conformidade com as informações nutricionais dispostas em seus rótulos (INMETRO, 2014). Neste sentido, é pertinente imaginar que possa haver inconformidades em suplementos a base de WP também no que tange sua composição mineral, sejam constituintes ou contaminantes.

Nessa perspectiva, diferentes estratégias têm sido utilizadas para realizar análises químicas de suplementos a base de WP. Nesse capítulo, iremos abordar sobre os métodos usualmente empregados para o preparo de amostras, análise elementar e os resultados relatados pela literatura científica para essas amostras nos últimos dez anos.

2 | CONSTITUINTES E CONTAMINANTES INORGÂNICOS EM SUPLEMENTOS WHEY PROTEIN

Poucos estudos envolvendo o desenvolvimento de métodos de análise de

suplementos para atletas a base de WP têm sido publicados na literatura científica. Nesse sentido, iniciaremos as discussões sobre os constituintes e contaminantes inorgânicos presentes em matrizes correlatas como alternativa de contextualizar a presença desses elementos em amostras que apresentam composição semelhante.

Alguns trabalhos evidenciam a presença de micronutrientes minerais em amostras de leite, soro de leite e outros derivados lácteos. Dessa forma, Bilge *et al.* avaliaram a presença de Na, Mg, K, Ca, Fe, Zn e P em 36 amostras de leite em pó e soro de leite em pó comercializadas na Turquia utilizando como técnicas analíticas instrumentais a espectrometria de emissão óptica com plasma induzido por laser (LIBS, do inglês *Laser-Induced Breakdown Spectroscopy*) e a espectrometria de massas com plasma indutivamente acoplado (ICP-MS, do inglês *Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry*) (BILGE; SEZER; ESELLER; BERBEROGLU *et al.*, 2016). O objetivo do trabalho foi estabelecer um método associado a análise multivariada para discriminar amostras de leite em pó de amostras de soro de leite em pó com base na composição mineral dessas e assim verificar processos de adulteração em produtos comerciais. De maneira geral, embora alguns fatores como estação do ano, origem geográfica e espécie animal afetam as composições minerais, essas diferenças não são significativas quando feita a comparação entre o leite em pó e o soro de leite doce e ácido em pó e soro de leite desmineralizado em pó.

Tedesco *et al.* avaliaram 261 amostras de soro de leite de vaca e de cabra oriundas da Itália usando como técnica analítica ICP-MS, para determinação de 17 elementos-traço e 14 elementos de terras raras (TEDESCO; VILLOSLADA HIDALGO; VARDÈ; KEHRWALD *et al.*, 2021). Verificou-se que para ambas as amostras, os micronutrientes majoritários são Fe, Cu, Zn, Se e Sr. De maneira geral, a presença desses elementos pode estar correlacionada a processos de lixiviação dos utensílios utilizados para o processamento do leite e também como componente da ração utilizada para alimentação animal. Por outro lado, metais tóxicos como Pb, Cd, As e Ni não apresentaram níveis quantificáveis nas amostras.

Visando melhorar a qualidade do produto final, no que tange a composição mineral, Kostić *et al.* propuseram a adição de um hidrogel poliacrílico em soluções de concentrado proteico do leite, concentrado proteico do soro e albumina sérica bovina para avaliar a redução dos níveis de metais tóxicos (KOSTIĆ; PEŠIĆ; BARAC; STANOJEVIC *et al.*, 2014). As amostras de concentrado proteico do soro e albumina sérica bovina apresentaram níveis quantificáveis de metais tóxicos como Ni e Pb, reduzidos de forma significativa após o processo de tratamento com o hidrogel poliacrílico. Dessa forma, este processo tecnológico se mostra como uma ferramenta promissora para aplicações na indústria láctea.

Por outro lado, Moret *et al.* avaliaram os níveis de As, Cd, Hg e Pb em 33 amostras de suplementos de creatina comercializadas na Itália, usando ICP-MS como técnica analítica (MORET; PREVARIN; TUBARO, 2011). A creatina é um composto de aminoácidos presente nas fibras musculares, atua ativamente na síntese proteica e no aumento da resistência

muscular sendo amplamente utilizada por atletas. Os resultados obtidos indicaram a presença de Hg em concentrações que variaram de 0,05 a 0,19 mg kg⁻¹. Segundo o autor, apesar do valor estar em conformidade com a legislação, devido ao uso contínuo desse suplemento e o efeito bioacumulativo do mercúrio, esses resultados se mostram preocupantes e podem indicar riscos à saúde de consumidores.

Considerando os suplementos para atletas a base de WP propriamente ditos, podemos destacar alguns trabalhos reportados na literatura. Barone *et al.* desenvolveram um trabalho para comparar a composição nutricional, propriedades físico-químicas e perfil proteico de três diferentes ingredientes de concentrado de WP enriquecidos com ALA por diferentes técnicas (BARONE; MOLONEY; O'REGAN; KELLY *et al.*, 2020). Nesse trabalho, o perfil de micronutrientes minerais foi estudado usando a técnica instrumental ICP-MS. Foram avaliados os níveis de Ca, Cl, K, Mg, Na, P, Cu, Fe, Mn e Zn. Os resultados obtidos indicaram que as diferentes estratégias de enriquecimento do concentrado de WP com ALA alteram o perfil de minerais; entretanto, pôde-se destacar os níveis médios de Ca, K, Mg e Na nas amostras de concentrado de WP como 704, 1699, 106 e 427 mg (100 g)⁻¹, respectivamente.

Elgammal *et al.* utilizaram ICP OES e a espectrometria de absorção atômica com forno de grafite (GF AAS, do inglês *Graphite Furnace Atomic Absorption Spectrometry*) para avaliar os níveis de Co, Ni, Sn, Cr, Cu, Mn, Zn, Fe, Al, Na, Ca, Mg, Pb, Cd e Hg em 26 diferentes amostras de suplementos a base de WP comercializadas no Egito (ELGAMMAL; KHORSHED; ISMAIL, 2019). Foram observadas diferenças significativas entre os valores medidos para alguns metais (como Na, Mn, Cr, Cu e Mg), enquanto outros mostraram apenas pequenas variações (Fe e Zn). Os níveis de Co em todas as amostras foram menores que o limite de detecção (LOD) ou abaixo do limite de quantificação (<LOQ). A concentração de Cd variou entre 0,022 e 0,335 mg kg⁻¹, enquanto a concentração de Pb variou entre 0,036 e 0,096 mg kg⁻¹. Além disso, todas as amostras foram consideradas livres de qualquer concentração detectável de Hg.

Por outro lado, Pinto *et al.* determinaram 26 elementos-traço (essenciais e tóxicos) por ICP-MS em 49 amostras de suplementos a base de WP comercializados em Portugal (PINTO; FERREIRA; ALMEIDA, 2020). Destaca-se o Fe como o elemento essencial mais abundante nas amostras com níveis variando de 0,61 a 83,6 mg kg⁻¹, seguido do Zn variando de 1,0 a 28,0 mg kg⁻¹, Mn variando de 0,06 a 19,2 mg kg⁻¹ e Cu variando de 0,37 a 10,5 mg kg⁻¹. Com relação aos elementos tóxicos, Cd, As, Pb e Hg, todos esses foram detectados. Os níveis de Cd variaram de 1,0 a 35,2 ng g⁻¹, de As de 3,5 a 20,1 ng g⁻¹, de Pb de 1,2 a 31,0 ng g⁻¹ e de Hg de 0,63 a 23,9 ng g⁻¹. Entretanto, foi realizada uma avaliação de segurança com base nos limites de exposição diária permitidos pela legislação europeia. De acordo com os cálculos reportados, o consumo diário de aproximadamente 50 g de suplemento WP não contribui com mais de 12,1% desses limites, para os elementos tóxicos avaliados. Dessa forma, os suplementos a base de WP estudados puderam ser considerados produtos

seguros, quanto à presença de elementos potencialmente tóxicos.

Com o objetivo de desenvolver um método baseado na digestão assistida por radiação micro-ondas sob pressão de oxigênio para determinar os níveis de Ca, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Na, Zn, P e S utilizando ICP OES, Pereira *et al.* avaliaram seis amostras de suplemento para atletas do tipo hipercalórico comercializadas no Brasil (PEREIRA; CRIZEL; LA ROSA NOVO; DOS SANTOS *et al.*, 2019). Hipercalóricos são suplementos compostos por carboidratos com índice glicêmico alto, geralmente maltodextrina, além de aminoácidos, lipídeos e proteínas de alto valor biológico. Os resultados obtidos foram alarmantes, pois ficaram discordantes com as informações nutricionais rotuladas. Apesar disso, considerando apenas a ingestão desses suplementos esportivos, as concentrações dos micronutrientes estudados não são suficientes para causar qualquer disfunção no organismo humano em curto espaço de tempo considerando-se as recomendações dietéticas para esses elementos.

Lisboa *et al.* avaliaram os níveis de Cr e Mn por GF AAS em amostras de suplementos a base de WP, suplementos do tipo hipercalórico e barras de suplemento de proteína (LISBOA; FLORES; CORREA; SOUSA, 2020) e os níveis de Na e K por espectrometria de emissão atômica com chama, fotometria de chama (FAES, do inglês *Flame Atomic Emission Spectrometry*) para as mesmas amostras (LISBOA; SOUSA, 2020). Foram estudadas 26 diferentes amostras de suplementos comercializados no Brasil. Os níveis de Cr variaram de 0,22 a 1,04 mg kg⁻¹, enquanto os níveis de Mn variaram de 2,00 a 37,4 mg kg⁻¹. Em geral, as concentrações de Na foram elevadas em relação às indicações da Organização Mundial da Saúde (OMS), considerando-se as porções indicadas para consumo. Entretanto, a razão entre as concentrações de Na e K tem uma associação mais forte com a hipertensão incidente do que a ingestão isolada de Na ou K. Para razões Na/K altas, o risco de hipertensão é maior do que em razões menores (DU; BATIS; WANG; ZHANG *et al.*, 2014), e de acordo com a OMS, essa proporção em dietas saudáveis deve permanecer menor ou igual a 1. Nesse sentido, algumas das amostras apresentaram resultados com valores de razões próximas ou ligeiramente superiores e, nesses casos, deve-se considerar que os nutrientes Na e K também são obtidos por meio de outras fontes alimentares, e assim, os suplementos podem sim representar riscos para o equilíbrio desses eletrólitos.

Almejando verificar as frações bioacessíveis de micronutrientes minerais em amostras de suplementos para atletas, Nogueira desenvolveu um método para avaliar os níveis de Cr e Mn nessas frações por meio do método de solubilidade (digestão simulada *in vitro*) e empregou a GF AAS como técnica instrumental analítica (GUIMARÃES, 2018). A bioacessibilidade é conceituada como a fração disponível para a absorção (ensaio *in vitro*) de um composto que apresenta solubilidade no trato gastrointestinal (ETCHEVERRY; GRUSAK; FLEIGE, 2012). Nesse método, as condições gastrointestinais como pH, temperatura, tempo de ação de enzimas digestivas são simuladas. As frações bioacessíveis calculadas para o Cr variaram de 12,2 a 49,4%, enquanto que para o Mn, variaram de 5,9 a 99,5%.

Para exemplificar os níveis de concentrações que os elementos minerais e contaminantes foram encontrados nesses trabalhos, acima mencionados, resultados quantitativos foram resumidos na Tabela 1.

Amostra	Elementos avaliados	Preparo de amostra	Técnica instrumental	Concentrações em mg kg ⁻¹	Referência
Concentrado de WP	Ca, K, Mg, Na, Cu, Fe, Mn e Zn	MWAD	ICP-MS	Ca (7040 ± 48,8), K (16990 ± 140), Mg (1060 ± 7,8), Na (4270 ± 31,8), Cu (0,5 ± 0,1), Fe (2,5 ± 0,1), Mn (0,7 ± 0,1) e Zn (3,2 ± 0,1)	(BARONE; MOLONEY; O'REGAN; KELLY <i>et al.</i> , 2020)
WP	Co, Ni, Sn, Cr, Cu, Mn, Zn, Fe, Al, Na, Ca, Mg, Pb, Cd e Hg	MWAD	ICP OES e GF AAS	Co (<LOQ), Ni (0,231 – 0,927), Sn (0,234 – 0,502), Cr (0,501 – 0,685), Cu (2,08 – 16,78), Mn (0,214 – 14,37), Zn (1,08 – 66,11), Fe (2,79 – 40,14), Al (5,43 – 16,26), Na (240 – 5336), Ca (712,5 – 12860), Mg (169,3 – 3248), Pb (0.036 – 0,096), Cd (0,022 – 0,335) e Hg (<LOD)	(ELGAMMAL; KHORSHED; ISMAIL, 2019)
Suplementos a base de WP	Fe, Zn, Mn, Cu, Mo, Cr, Se, Co, Al, Ni, Cd, As, Pb e Hg	MWAD	ICP-MS	Fe (0,61 – 83,6), Zn (1,0 – 28,0), Mn (0,06 – 19,2), Cu (0,37 – 10,5), Mo (0,06 – 1,71), Cr (0,14 – 1,27), Se (0,12 – 0,72), Co (0,01 – 0,13), Al (0,16 – 18,7), Ni (0,06 – 1,26) e Cd (1,0 – 35,2)*, As (3,5 – 20,1)*, Pb (1,2 – 31,0)* e Hg (0,63 – 23,9)*	(PINTO; FERREIRA; ALMEIDA, 2020)
Suplementos hipercalórico	Ca, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Na, Zn, P e S	MWAD-O ₂ P	ICP OES	Ca (11,3 – 2940), Cu (0,481 – 2,68), Fe (2,90 – 46,7), K (155 – 2361), Mg (25,7 – 826), Mn (0,136 – 9,8), Na (832 – 2481), Zn (0,352 – 18,4), P (864 – 2595) e S (441 – 2932)	(PEREIRA; CRIZEL; LA ROSA NOVO; DOS SANTOS <i>et al.</i> , 2019)
WP, hipercalórico e suplementos em barra de proteína	Cr e Mn	MWAD	GF AAS	Cr (0,22 – 1,04) e Mn (2,00 – 37,4)	(LISBOA; FLORES; CORREA; SOUSA, 2020)
	Na e K		F AES	Na (295 – 5910) e K (471 – 12900)	(LISBOA; SOUSA, 2020)
	Cr e Mn	MWAD	GF AAS	Cr (12,2 – 49,4)% e Mn (5,9 – 99,5)%	(GUIMARÃES, 2018)

* ng g⁻¹. MWAD: Digestão ácida em forno micro-ondas; MWAD-O₂P: Digestão em forno micro-ondas usando ácido diluído sob pressão de oxigênio.

Tabela 1 – Exemplos representativos de métodos reportados na literatura científica para o monitoramento de constituintes e contaminantes minerais em amostras de suplementos e produtos derivados de WP.

3 | PERSPECTIVAS NA ANÁLISE DE CONSTITUINTES E CONTAMINANTES MINERAIS EM SUPLEMENTOS PARA ATLETAS

Diversos estudos acadêmicos têm mostrado que a variedade de marcas e produtos

disponíveis no mercado nacional associados à facilidade de acesso e promessas de efeitos milagrosos são agentes impulsionadores do aumento de consumo de suplementos para atletas a base de WP. Nesse sentido, é conveniente estabelecer critérios de identidade e qualidade desses produtos a fim de garantir o bem estar e saúde dos consumidores, inclusive no que tange a composição mineral.

Porém, o que se observa de maneira geral é que as normativas vigentes têm pouco efeito sem fiscalização constante e, dessa forma, produtos de qualidade desconhecida estão sendo comercializados. Uma das razões pelas quais a fiscalização é falha pode ser em virtude das metodologias oficiais de análise, que requerem profissionais extremamente qualificados, além de instrumentação e consumíveis onerosos.

Assim, as técnicas eletroanalíticas vêm demonstrando ser ferramentas analíticas promissoras alternativas às técnicas espectrométricas que são mais convencionais. Tais técnicas podem ser empregadas para a determinação de diversos minerais e, até mesmo, componentes orgânicos (o que as primeiras não permitem) em vários tipos de amostras, inclusive as de alimentos (PALISOC; GONZALES; PARDILLA; RACINES *et al.*, 2019; SHAHBAZI; AHMADI; FAKHARI, 2016). As mesmas apresentam características adequadas, tais como, baixo custo instrumental, alta sensibilidade e portabilidade, permitindo até mesmo, análises em campo (SQUISSATO; ROCHA; ALMEIDA; RICHTER *et al.*, 2018). Além disso, essas técnicas podem possibilitar análises de especiação química de diversos elementos presentes nas amostras (HAN; PAN, 2021).

Neste contexto, é importante destacar que a literatura científica ainda carece de estudos envolvendo não somente a especiação química de elementos como o cromo (SARAIVA; CHEKRI; GUÉRIN; SLOTH *et al.*, 2021; UNCETA; ASTORKIA; ABREGO; GÓMEZ-CABALLERO *et al.*, 2016), mas também a avaliação das frações bioacessíveis e biodisponíveis de seus nutrientes, assim como a análise de risco desses produtos à saúde (BANDARA; TOWLE; MONNOT, 2020; PARDO; GARICANO VILAR; SAN MAURO MARTÍN; CAMINA MARTÍN, 2021; TOKALIOĞLU; CLOUGH; FOULKES; WORSFOLD, 2014). Estes estudos seriam importantes para estabelecer informações nutricionais mais completas, norteando os processos tecnológicos de produção e auxiliando os profissionais da saúde a, possivelmente, prescrever os suplementos de acordo essas informações, permitindo usos mais efetivos.

4 | CONCLUSÕES

Apesar de as pesquisas recentes indicarem que o consumo de suplementos tem aumentado significativamente nos últimos anos, poucos trabalhos são reportados para investigação dos teores de constituintes e contaminantes minerais em amostras de suplementos a base de WP, seja no Brasil ou em outros países.

Além disso, dentre as informações disponíveis na literatura científica, verificam-

se diferenças significativas entres os teores de micronutrientes presentes nas amostras e os valores informados em suas tabelas nutricionais. De maneira geral, a fortificação de suplementos com micronutrientes minerais parece ser realizada com maior interesse publicitário do que nutricional. Assim, os produtos com baixo controle de qualidade associados a uma fiscalização ineficiente, podem desencadear efeitos tóxicos e indesejáveis à saúde dos consumidores.

Neste sentido pode-se afirmar que ainda há demandas de estudos acadêmicos e clínicos voltados à qualidade e a forma de uso desses suplementos. Do ponto de vista químico, o que foi abordado neste capítulo, salienta que novos estudos precisam investigar a composição nutricional dos suplementos, considerando aspectos de especiação química, bioacessibilidade, biodisponibilidade, conforme já mencionado. Somente assim será possível avaliar a real necessidade de etapas na produção, como a adição de minerais e, eventualmente, estabelecer o uso de matérias-primas com composição elementar mais específicas e controladas.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, M. R.; DE SOUZA, L. P.; CESAR, R. S.; SOUSA, R. A. *et al.* Investigation of sport supplements quality by Raman spectroscopy and principal component analysis. **Vibrational Spectroscopy**, 87, p. 1-7, 2016/11/01/ 2016.

APPLEGATE, E. A.; GRIVETTI, L. E. Search for the Competitive Edge: A History of Dietary Fads and Supplements. **The Journal of Nutrition**, 127, n. 5, p. 869S-873S, 1997.

BANDARA, S. B.; TOWLE, K. M.; MONNOT, A. D. A human health risk assessment of heavy metal ingestion among consumers of protein powder supplements. **Toxicology Reports**, 7, p. 1255-1262, 2020/01/01/ 2020.

BARONE, G.; MOLONEY, C.; O'REGAN, J.; KELLY, A. L. *et al.* Chemical composition, protein profile and physicochemical properties of whey protein concentrate ingredients enriched in α -lactalbumin. **Journal of Food Composition and Analysis**, 92, p. 103546, 2020/09/01/ 2020.

BILGE, G.; SEZER, B.; ESELLER, K. E.; BERBEROGLU, H. *et al.* Determination of whey adulteration in milk powder by using laser induced breakdown spectroscopy. **Food Chemistry**, 212, p. 183-188, 2016/12/01/ 2016.

BRASIL. Regulamento Técnico para Fixação de Identidade e Qualidade de Suplementos Vitaminicos e ou de Minerais. **Ministério da Saúde**, Agência Nacional de Vigilância Sanitária, pp.

BRASIL. Resolução da Diretoria Colegiada: Dispõe sobre alimentos para atletas. **Ministério da Saúde**, Agência Nacional de Vigilância Sanitária, pp.

BRASIL. Resolução da Diretoria Colegiada: Dispõe sobre os requisitos sanitários dos suplementos alimentares. **Ministério da Saúde**, Agência Nacional de Vigilância Sanitária, pp.

BRIZIO, P.; BENEDETTO, A.; SQUADRONE, S.; TARASCO, R. *et al.* Heavy metals occurrence in Italian food supplements. **E3S Web of Conferences**, 1, p. 15006, 2013.

DE CASTRO, R. J. S.; DOMINGUES, M. A. F.; OHARA, A.; OKURO, P. K. *et al.* Whey protein as a key component in food systems: Physicochemical properties, production technologies and applications. **Food Structure**, 14, p. 17-29, 2017/10/01/ 2017.

DEETH, H.; BANSAL, N. Chapter 1 - Whey Proteins: An Overview. *In*: DEETH, H. C. e BANSAL, N. (Ed.). **Whey Proteins**: Academic Press, 2019. p. 1-50.

DU, S.; BATIS, C.; WANG, H.; ZHANG, B. *et al.* Understanding the patterns and trends of sodium intake, potassium intake, and sodium to potassium ratio and their effect on hypertension in China. **Am J Clin Nutr**, 99, n. 2, p. 334-343, Feb 2014.

ELGAMMAL, S. M.; KHORSHED, M. A.; ISMAIL, E. H. Determination of heavy metal content in whey protein samples from markets in Giza, Egypt, using inductively coupled plasma optical emission spectrometry and graphite furnace atomic absorption spectrometry: A probabilistic risk assessment study. **Journal of Food Composition and Analysis**, 84, p. 103300, 2019/12/01/ 2019.

ETCHEVERRY, P.; GRUSAK, M. A.; FLEIGE, L. E. Application of in vitro bioaccessibility and bioavailability methods for calcium, carotenoids, folate, iron, magnesium, polyphenols, zinc, and vitamins B(6), B(12), D, and E. **Front Physiol**, 3, p. 317, 2012.

EUROMONITOR. Vitamins and Dietary Supplements in Latin America. : Euromonitor International 2019.

FARRELL, H. M.; JIMENEZ-FLORES, R.; BLECK, G. T.; BROWN, E. M. *et al.* Nomenclature of the Proteins of Cows' Milk—Sixth Revision. **Journal of Dairy Science**, 87, n. 6, p. 1641-1674, 2004/06/01/ 2004.

FDA. Dietary Supplement Health and Education Act of 1994. **US Food and Drug Administration**, 103rd Congress, pp.

FERRAZ, B. d. S.; RAMALHO, A. A.; IMADA, K. S.; MARTINS, F. A. Consumo de suplementos alimentares por praticantes de atividade física em academias de ginástica: um artigo de revisão. **Journal of Amazon Health Science**, 1, n. 2, p. 24-43, 2015.

GOSTON, J. L.; TOULSON DAVISSON CORREIA, M. I. Intake of nutritional supplements among people exercising in gyms and influencing factors. **Nutrition**, 26, n. 6, p. 604-611, 2010/06/01/ 2010.

GUIMARÃES, A. P. N. **Determinação dos teores de cromo e manganês nas frações bioacessíveis de suplementos alimentares**. 2018. 87 f. (Mestrado em Química Analítica) - Departamento de Química, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora.

HAN, H.; PAN, D. Voltammetric methods for speciation analysis of trace metals in natural waters. **Trends in Environmental Analytical Chemistry**, 29, p. e00119, 2021/03/01/ 2021.

HARAGUCHI, F. K.; ABREU, W. C. d.; PAULA, H. d. Proteínas do soro do leite: composição, propriedades nutricionais, aplicações no esporte e benefícios para a saúde humana. **Revista de Nutrição**, 19, n. 4, p. 479-488, 2006.

HARTMANN, C.; SIEGRIST, M. Benefit beliefs about protein supplements: A comparative study of users and non-users. **Appetite**, 103, p. 229-235, 2016/08/01/ 2016.

HURLEY, W. L.; THEIL, P. K. Immunoglobulins in Mammary Secretions. *In*: MCSWEENEY, P. L. H. e FOX, P. F. (Ed.). **Advanced Dairy Chemistry: Volume 1A: Proteins: Basic Aspects, 4th Edition**. Boston, MA: Springer US, 2013. p. 275-294.

INMETRO. Relatório Final sobre a Análise em Suplementos Proteicos para Atletas - Whey Protein. PRODUTOS, P. d. A. d. Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia: Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior: 54 p. 2014.

KELLY, P. Chapter 3 - Manufacture of Whey Protein Products: Concentrates, Isolate, Whey Protein Fractions and Microparticulated. *In*: DEETH, H. C. e BANSAL, N. (Ed.). **Whey Proteins**: Academic Press, 2019. p. 97-122.

KORFALI, S. I.; HAWI, T.; MROUEH, M. Evaluation of heavy metals content in dietary supplements in Lebanon. **Chemistry Central journal**, 7, n. 1, p. 10-10, 2013.

KOSTIĆ, A.; PEŠIĆ, M.; BARAC, M.; STANOJEVIC, S. *et al.* The Influence of the Addition of Polyacrylic Hydrogel on the Content of Proteins, Minerals and Trace Elements in Milk Protein Solutions. **Food Technology and Biotechnology**, 52, p. 128-134, 01/01 2014.

KREJČOVÁ, A.; LUDVÍKOVÁ, I.; ČERNOHORSKÝ, T.; POUZAR, M. Elemental analysis of nutritional preparations by inductively coupled plasma mass and optical emission spectrometry. **Food Chemistry**, 132, n. 1, p. 588-596, 2012/05/01/ 2012.

LINHARES, T. C.; LIMA, R. M. Prevalência do uso de suplementos alimentares por praticantes de musculação nas academias de Campos dos Goytacazes/RJ, Brasil. **Revista Vértices**, 8, n. 1/3, p. 101-122, 12/31 1969.

LINHARES, T. C.; LIMA, R. M. Prevalência do uso de suplementos alimentares por praticantes de musculação nas academias de Campos dos Goytacazes/RJ, Brasil. **Revista Vértices**, 8, n. 1/3, p. 101-122, 12/31 2006.

LISBOA, T. P.; FLORES, L. d. S.; CORREA, C. C.; SOUSA, R. A. d. Evaluation of Chromium and Manganese levels in sports supplements using graphite furnace atomic absorption spectrometry. **Revista de Nutrição**, 33, p. 13, 2020.

LISBOA, T. P.; SOUSA, R. A. d. Sodium and potassium content in sport supplements based on whey protein. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, 75, n. 1, p. 34-44, 2020.

MARRERO, J.; REBAGLIATI, R. J.; LEIVA, E.; LONDONIO, A. *et al.* Inductively coupled plasma optical emission spectrometric determination of fifteen elements in dietary supplements: Are the concentrations declared in the labels accurate? **Microchemical Journal**, 108, p. 81-86, 2013/05/01/ 2013.

MORET, S.; PREVARIN, A.; TUBARO, F. Levels of creatine, organic contaminants and heavy metals in creatine dietary supplements. **Food Chemistry**, 126, n. 3, p. 1232-1238, 2011/06/01/ 2011.

O'MAHONY, J. A.; FOX, P. F. Milk Proteins: Introduction and Historical Aspects. *In*: MCSWEENEY, P. L. H. e FOX, P. F. (Ed.). **Advanced Dairy Chemistry: Volume 1A: Proteins: Basic Aspects, 4th Edition**. Boston, MA: Springer US, 2013. p. 43-85.

PALISOC, S.; GONZALES, A. J.; PARDILLA, A.; RACINES, L. *et al.* Electrochemical detection of lead and cadmium in UHT-processed milk using bismuth nanoparticles/Nafion®-modified pencil graphite electrode. **Sensing and Bio-Sensing Research**, 23, p. 100268, 2019/04/01/ 2019.

PARDO, M. R.; GARICANO VILAR, E.; SAN MAURO MARTÍN, I.; CAMINA MARTÍN, M. A. Bioavailability of magnesium food supplements: A systematic review. **Nutrition**, 89, p. 111294, 2021/09/01/ 2021.

PEREIRA, R. M.; CRIZEL, M. G.; LA ROSA NOVO, D.; DOS SANTOS, C. M. M. *et al.* Multitechnique determination of metals and non-metals in sports supplements after microwave-assisted digestion using diluted acid. **Microchemical Journal**, 145, p. 235-241, 2019/03/01/ 2019.

PINTO, E.; FERREIRA, I. M. P. L. V. O.; ALMEIDA, A. Essential and non-essential/toxic trace elements in whey protein supplements. **Journal of Food Composition and Analysis**, 86, p. 103383, 2020/03/01/ 2020.

PRICE, J. Chapter 2 - History of the Development and Application of Whey Protein Products. *In*: DEETH, H. C. e BANSAL, N. (Ed.). **Whey Proteins**: Academic Press, 2019. p. 51-95.

SARAIVA, M.; CHEKRI, R.; GUÉRIN, T.; SLOTH, J. J. *et al.* Chromium speciation analysis in raw and cooked milk and meat samples by species-specific isotope dilution and HPLC-ICP-MS. **Food Additives & Contaminants: Part A**, 38, n. 2, p. 304-314, 2021/02/01 2021.

SHAHBAZI, Y.; AHMADI, F.; FAKHARI, F. Voltammetric determination of Pb, Cd, Zn, Cu and Se in milk and dairy products collected from Iran: An emphasis on permissible limits and risk assessment of exposure to heavy metals. **Food Chemistry**, 192, p. 1060-1067, 2016/02/01/ 2016.

SQUISSATO, A. L.; ROCHA, D. P.; ALMEIDA, E. S.; RICHTER, E. M. *et al.* Stripping Voltammetric Determination of Mercury in Fish Oil Capsules Using a Screen-printed Gold Electrode. **Electroanalysis**, 30, n. 1, p. 20-23, 2018/01/01 2018. <https://doi.org/10.1002/elan.201700570>.

TEDESCO, R.; VILLOSLADA HIDALGO, M. d. C.; VARDÈ, M.; KEHRWALD, N. M. *et al.* Trace and rare earth elements determination in milk whey from the Veneto region, Italy. **Food Control**, 121, p. 107595, 2021/03/01/ 2021.

TOKALIOĞLU, Ş.; CLOUGH, R.; FOULKES, M.; WORSFOLD, P. Bioaccessibility of Cr, Cu, Fe, Mg, Mn, Mo, Se and Zn from nutritional supplements by the unified BARGE method. **Food Chemistry**, 150, p. 321-327, 2014/05/01/ 2014.

UNCETA, N.; ASTORKIA, M.; ABREGO, Z.; GÓMEZ-CABALLERO, A. *et al.* A novel strategy for Cr(III) and Cr(VI) analysis in dietary supplements by speciated isotope dilution mass spectrometry. **Talanta**, 154, p. 255-262, 2016/07/01/ 2016.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Alternative Energy Sources 82, 83

Altitudes científicas 174

Aprendizagem 35, 41, 98, 99, 101, 103, 104, 105, 110, 113, 128, 134, 137, 138, 163, 164, 165, 166, 168, 170, 172, 173

Aulas práticas 108, 110, 111

AWE 82, 83, 84, 85, 86, 87, 93, 94

B

Biological material 1

C

Caracterização geológica 115

Celulose bacteriana 80, 139, 140, 141, 142, 147, 148, 150

Classificação de tráfego 30, 31, 33, 40, 41

Cl concentration 1, 4

Composição química 17, 167

Compósitos 69, 71, 72, 73, 76, 77, 78

Controle 1, 5, 7, 8, 9, 12, 14, 17, 20, 26, 31, 42, 137, 138, 151, 161

D

Detritos espaciais 5, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 158, 160, 161, 162

Docência 108, 109, 185

E

Educação básica 128, 129, 185

Educação superior 97

EDXRF 1, 2, 3, 4

Environmentally Sound Technologies 82, 83

Estabilidade 5, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 13, 14, 44, 71

Experimentação 128, 134, 135

F

Farinha de bagaço de mandioca 69, 72, 74, 80

Fontes nutricionais 140, 145

G

Geociências 108

I

INAA 1, 2, 3

Incremento de velocidade 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 62, 64, 65, 66, 67

Intervenção 97, 98, 99, 102, 103, 104, 105, 106, 167, 185

K

Komagataeibacter hansenii 140, 141, 149

L

Legislação 17, 22, 151, 156

M

Manobra orbital 53, 54, 55, 66, 67

Mata Ciliar 43, 47, 48, 52

Mensuração 43, 166

Metais pesados 17

Micronutrientes minerais 17, 21, 22, 23, 26

MLP 30, 31, 32, 33, 35, 40

Modelos atômicos 163, 167, 168, 170, 171, 172

Monitor 3, 4, 88, 108, 109, 110, 113, 114, 185

Morfologia 115

P

Polipropileno 69, 71, 72, 76, 77, 78

Produção 1, 19, 25, 26, 70, 79, 81, 105, 134, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 153, 156

Propriedades mecânicas 69, 71, 76, 77, 78, 141

Psicologia social 97, 98, 99, 100, 101, 102, 106, 107

R

Reconstrução paleoclimática 115

Redes definidas por software 30, 31, 41, 42

Redes neurais artificiais 30

Referências altimétricas 174

Resíduos recorrentes 151

S

Separação geoide-quasegeoide 174, 176, 177, 179, 180, 183

Sequência didática 138, 163, 168, 170, 172

Simulador PhET 163, 165, 167, 168, 169, 172

Sistemas ligados por cabos 5, 6

Suplementos 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28

Sustainability 82, 95

T

Transferência de órbita 53

Tukey 43, 44, 45, 50, 51

U

Utilização industrial 139, 140

W

Whey protein 17, 18, 19, 20, 26, 27, 28, 29

Conhecimentos pedagógicos e conteúdos disciplinares

das ciências exatas e da terra

2

Conhecimentos pedagógicos e conteúdos disciplinares

das ciências exatas e da terra

2